

УДК 629.5.01:004.9
А 65

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ (обзор)

А. Ю. Андрейчикова, канд. техн. наук, ст. преп.;
А. Ф. Галь, канд. техн. наук, проф. НУК

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Аннотация. Проведен анализ современных систем автоматизированного проектирования, определены основные направления в их развитии, а также их место среди автоматизированных систем управления и в поддержке жизненного цикла судна.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, жизненный цикл изделия, CALS-технологии, направления развития, проектные данные.

Анотація. Проведено аналіз сучасних систем автоматизованого проектування, визначено основні напрями в їхньому розвитку, а також їх місце серед автоматизованих систем управління і в підтримці життєвого циклу судна.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, життєвий цикл виробу, CALS-технології, напрями розвитку, проектні дані.

Abstract. The analysis of modern systems of the computer-aided design has been done, the main trends have been identified in their development. Also their place has been defined among automated control systems and in the support of the ship lifecycle.

Keywords: system of computer-aided design, product lifecycle, CALS-technologies, development trends, design data.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Системы автоматизированного проектирования (САПР) совершили революцию в промышленности. Они сократили объем ручного труда, повысили точность конструирования и проектирования, уменьшив количество ошибок, увеличив производительность проектировщиков и улучшив качество проектов судов и технических средств освоения океана. На рынке появились системы, которые автоматизируют работу конструктора-проектировщика и технолога. Однако специалисты не в состоянии воспользоваться этими возможностями из-за сложности их освоения. Разработчикам САПР следует расширять функциональность своих продуктов, т. е. делать востребованные инструменты более простыми для обучения и эффективными в использовании.

Развитие систем автоматизированного проектирования связано с решением проектных задач. Сложность технической задачи решается комплексным подходом. Эти процессы жестко взаимосвязаны. Системы автоматизированного проектирования на судостроение влияют значительно. Благодаря новым возможностям САПР удается наладить более эффективное и рентабельное производство.

Основной целью создания программного обеспечения для проектировщиков 20 лет назад было создать автоматизированный выпуск чертежей, чтобы избавить специалистов от рутинной работы, связанной со стандартизацией и оформлением. Сегодня появились новые технологии – трехмерные. Они ориентированы на облегчение непосредственно самого процесса проектирования. Используя 3D-модель, проще оценивать внешний вид изделия, искать варианты

исполнения и формировать сложные поверхности, чем на отдельных чертежах в различных разрезах и проекциях (учитывая, что раньше это делал коллектив проектировщиков, а сегодня это может сделать один человек).

После распространения 3D появилась возможность проведения конечно-элементного анализа моделей, а также создания управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) для обработки сложных 3D-моделей [6]. Заказчики стали накапливать массивы данных в электронном виде, которые можно обрабатывать и анализировать, использовать многократно. При этом САПР высокого уровня или «тяжелые» САПР [2] предназначены для работы на специализированных ЭВМ, в том числе персональных. Следует отметить разработку специализированных программ для управления проектами, которые известны как PDM (основные потребители предприятия со сложным производственным циклом).

Такое развитие привело к тому, что системы автоматизированного проектирования, которые когда-то создавались как «тяжелые», преимущественно используются для решения узкоспециальных и комплексных задач. Системы, которые изначально применялись для подготовки чертежей (как, например, AutoCAD [5]), приобрели дополнительную функциональность и позволяют решать весьма широкий спектр задач.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы использования и развития систем автоматизированного проектирования в машиностроении

были изучены в трудах [2, 3, 6], в которых подробно представлены основы САПР, структура и их математическое обоснование. Однако современные САПР имеют высокий уровень и быстро развиваются. Определим их место среди автоматизированных систем управления (АСУ) и приведем конкретные примеры с позиции современной классификации САПР.

ЦЕЛЮЮ СТАТЬИ является анализ функциональных возможностей современных систем автоматизированного проектирования для выявления тенденций их развития.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Система автоматизированного проектирования – это автоматизированная система, которая реализует информационную технологию выполнения функций проектирования и представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, а также состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности [3].

На стадиях проектирования и подготовки производства САПР решает такую задачу автоматизации работ, как повышение эффективности труда инженеров за счет сокращения:

- трудоемкости проектирования и планирования;
- времени проектирования;
- стоимости проектирования и изготовления;
- уменьшения затрат на эксплуатацию;
- затрат на натурное моделирование и испытания.

Эти задачи решаются путем автоматизации оформления технической документации, информационной поддержки и автоматизации процесса принятия технических, технологических и организационных решений, использования технологий параллельного проектирования, унификации проектных решений и процессов проектирования, повторного использования традиционных и неординарных проектных

решений, данных и проработок, стратегического (общего) проектирования, применения вместо натуральных испытаний и макетирования оправданного математического моделирования, повышения качества управления проектированием и строительством, использования методов вариантного проектирования и оптимизации.

Современное развитие САПР отличается учетом этапов жизненного цикла изделия (ЖЦИ) от момента выявления потребностей общества до утилизации судов и технических средств освоения океана. Это существенно усложняет задачу проектирования и строительства. Возможность решения достигается применением автоматизированных систем управления ЖЦИ – PLM (CALS-технологии).

В машиностроительных САПР выделяют системы функционального, конструкторского и технологического проектирования (рис. 1):

- системы расчетов и инженерного анализа или системы CAE (Computer Aided Engineering);
- системы конструкторского проектирования или системы CAD (Computer Aided Design);
- системы проектирования технологических процессов или системы CAM (Computer Aided Manufacturing);
- системы, объединяющие в себе три предыдущих типа систем CAD/CAM/CAE, которые взаимодействуют между собой в системной среде САПР – PDM (Product Data Management);
- системы управления жизненным циклом изделия PLM (Product Lifecycle Management).

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем CAE/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием разрабатываются системы, получившие название систем управления проектными данными PDM. Такие системы входят в состав модулей конкретной САПР и являются так называемыми системными средами. Они имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

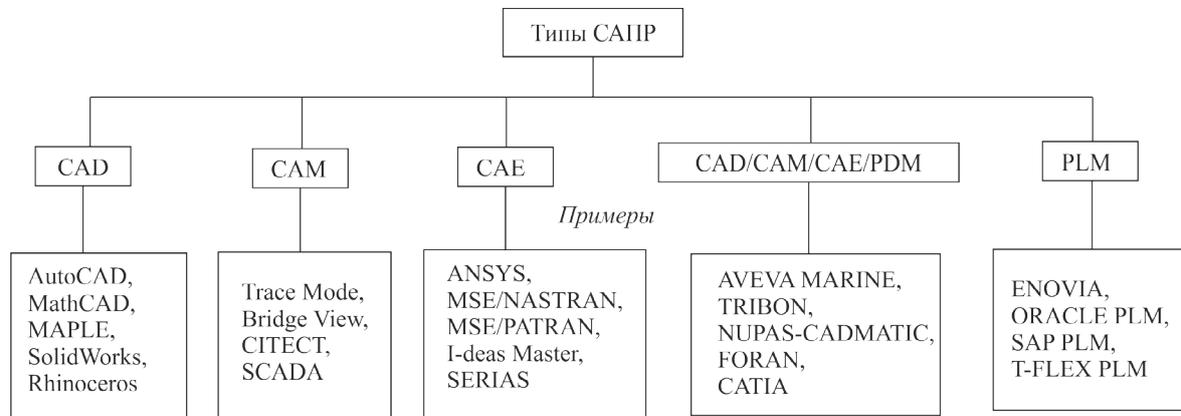


Рис. 1. Типы машиностроительных САПР по функциональным возможностям

Управление данными в едином информационном пространстве для различных САПР возлагается на систему управления жизненным циклом судов и технических средств освоения океана, реализующую технологии PLM (см. рис. 1). Технологии PLM объединяют методики и средства информационной поддержки проектирования, строительства и эксплуатации судов и технических средств освоения океана. Характерная особенность PLM заключается во взаимодействии средств автоматизации разных производителей, различных автоматизированных систем многих предприятий. Сегодня технология PLM является основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют машиностроительные САПР и другие автоматизированные системы многих фирм.

Информационная поддержка производства продукции выполняется автоматизированными системами управления предприятием (АСУП) и автома-

тизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП) [4].

Общая схема связи САПР с другими системами (рис. 2) реализуется посредством АСУП, осуществляющей информационную поддержку на всех этапах производства продукции. Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) дают возможность получать новые оригинальные математические модели и совершенствовать существующие (см. рис. 2). Они являются входными данными для разработки математического обеспечения САПР на этапе проектирования и конструирования. На выходе САПР разрабатывается техническая документация по конструкции проектируемого устройства. Затем на ее основе с помощью автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП) разрабатывается технологическая документация для АСУТП и гибких производственных систем (ГПС) на этапе производства. Таким образом, получается готовое устройство.

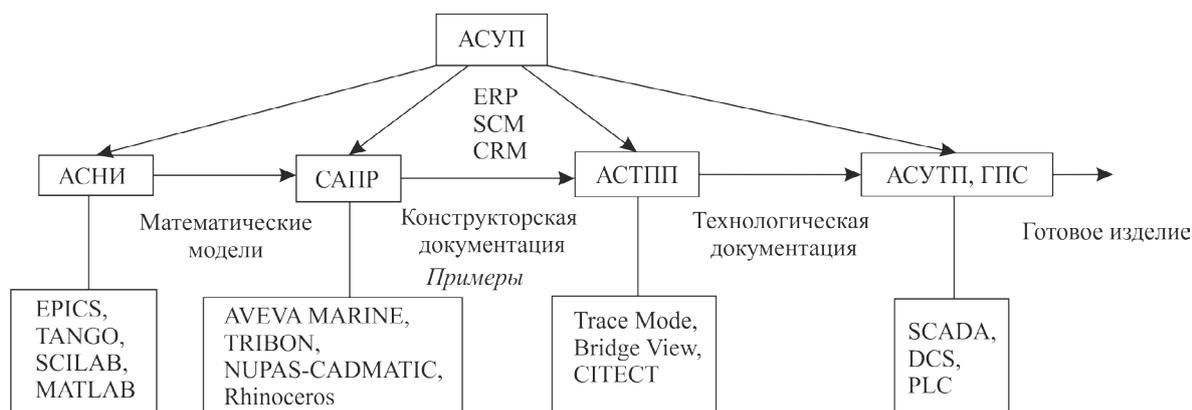


Рис. 2. Общая схема связей САПР с машиностроительными автоматизированными системами: ERP – автоматизированная система управления; SCM – автоматизированная система управления цепочками поставок; CRM – автоматизированная система управления взаимоотношениями с заказчиками

В условиях развития мировой судостроительной отрасли выбор эффективных средств автоматизации технической подготовки производства обеспечивается стабильностью фирмы-разработчика и поддержкой квалифицированных специалистов по внедрению.

Известны САПР универсальные и разработанные под задачи конкретного предприятия. Назначение машиностроительных автоматизированных систем различно. Наиболее известными судостроительными САПР являются: AVEVA MARINE, TRIBON M3, NUPAS-CADMATIC, FORAN, CATIA, SEA SOLUTION, NAPA, ShipModel, DEFCAR, NX Unigraphics, PRO/ENGINEER, AutoSHIP и др. Рассмотрим лидирующие среди названных систем.

1. Система **AVEVA MARINE** (фирма AVEVA, Швеция) специально разработана для получения комплексных схем судов и технических средств осво-

ения океана, включающих данные об управлении их жизненным циклом. Система объединяет в себе следующие проектные дисциплины:

- гидродинамику и гидростатику;
- строительное проектирование и переход к исследованию проекта;
- проектирование корпуса судов и технических средств освоения океана;
- планирование производства и изготовление деталей, конструкций и их сборки;
- импорт данных по оборудованию в 3D-модель;
- работу с данными, полученными в результате лазерного сканирования.

Система AVEVA MARINE позволяет осуществлять интеллектуальное проектирование. Под интеллектуальным проектированием подразумевается полноценная интеграция данных из различных

источников, их взаимосвязь, параллельная работа территориально удаленных друг от друга проектировщиков и максимальная степень автоматизации всего производственного процесса.

2. Система **TRIBON M3** (еще одна из основных разработок компании AVEVA, Швеция, ранее принадлежавшая компании Tribon Solutions) представляет собой специализированную судостроительную систему, модули которой охватывают все направления проектирования – от проектного проектирования до строительства, пользуются единой базой данных по проекту. Такой подход обеспечивает одновременный доступ к данным, позволяет проводить параллельное проектирование, и в каждый момент времени проектировщику доступна самая последняя информация по проекту.

3. Система **NUPAS-CADMATIC** разрабатывается и поддерживается объединением двух компаний: Numeriek Centrum Groningen B.V. (специализация – проектирование судовых корпусов) из Голландии и Elomatic/Cadmatic Ltd. (специализация – проектирование судовых систем) из Финляндии.

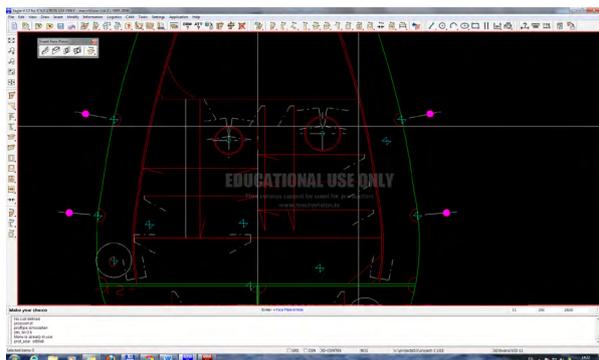
Интерактивная и простая в использовании трехмерная рабочая среда программы NUPAS-CADMATIC

ускоряет процесс создания схем и позволяет осуществить проектирование более точно и без ошибок. Компонентные чертежи и списки материалов генерируются непосредственно из трехмерной модели. Таким образом, обновляют чертежи и документы так, что они автоматически включают самые последние изменения в проекте. В программе NUPAS-CADMATIC шаблоны функциональных схем позволяют сохранять объекты или наборы объектов моделей, которые можно использовать на более поздних стадиях проектирования. Это дает возможность полностью использовать выполненные ранее проектные работы и сэкономить время на ранних стадиях проектирования.

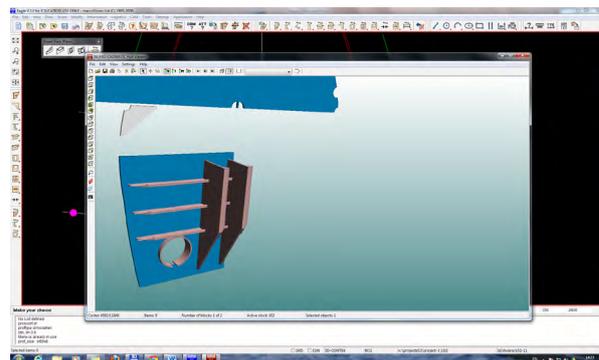
На рис. 3 приведены примеры трехмерных моделей судовых корпусных перекрытий, созданных в САПР высокого уровня (наличие CAD/CAM/CAE/PDM-подсистем) NUPAS-CADMATIC [7, 8] и TRIBON M3 [1].

Таким образом, в результате анализа можно выявить основные направления развития САПР:

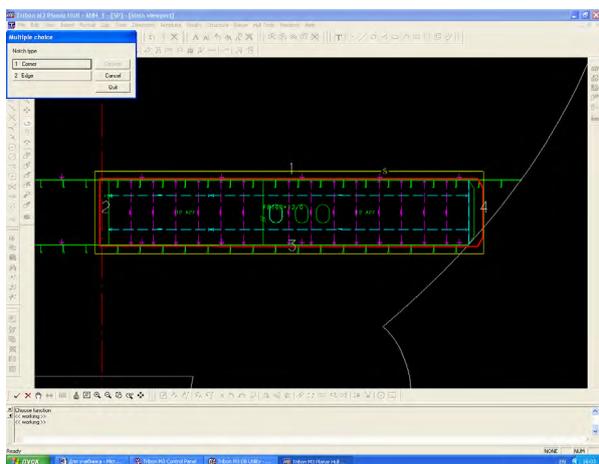
1. Применение технологии цифровых прототипов, использование которой позволяет создавать и анализировать виртуальный объект в виде проектируемого судна и технического средства освоения океана.



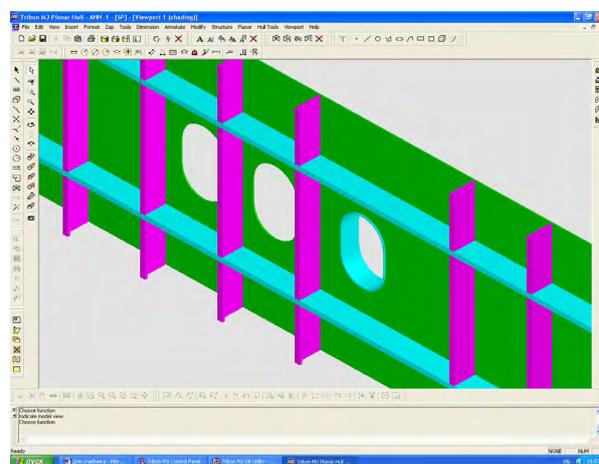
a



б



в



г

Рис. 3. Создание судовых корпусных перекрытий в САПР высокого уровня: *a, б* – 2D- и 3D-модель в системе NUPAS-CADMATIC; *в, г* – 2D- и 3D-модель в системе TRIBON M3

Цифровой прототип дает проектировщику значительную дополнительную информацию помимо визуальной. Это данные о материалах, результатах испытаний и особенностях функционирования изделия в определенных условиях и др. К программам, использующим эту технологию, можно отнести Autodesk Inventor [5]. Здесь можно уже говорить о «4D-проектировании».

2. Появление новых технологических возможностей. Это так называемые облачные вычисления. Раньше чертеж был и основным документом, и носителем информации для цеха и производства. Сегодня данные о проекте размещаются и обрабатываются в общем хранилище на сервере. Доступ к нему может осуществляться не только с персональных компьютеров, но и с мобильных устройств: коммуникаторов или планшетов.

3. Обработка накопленного массива данных современных САПР и PDM-системами. Это повышает использование объема взаимозаменяемых деталей или элементов уже спроектированных конструкций, узлов и механизмов в новых судах и технических средствах освоения океана. Данные, которые раньше рассчитывались фактически на бумаге и калькуляторе, сегодня формируются программой автоматически и могут передаваться в цифровом виде. Эти зависимости можно описать и применить к новым проектам, 3D-моделям, цифровым прототипам, сборкам. Таким образом, они становятся более информативными и актуальными. Это повышает качество проектирования изделия, что сказывается на цене всего проекта и его стоимости, позволяет на начальных стадиях проектирования пересмотреть

больше вариантов и возможностей для поиска оптимального решения.

4. Интеллектуализация САПР, или способность решения задач, традиционно считающихся творческими. Эти задачи принадлежат к конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти системы. На основе многолетнего опыта конструкторов, заложенного в базе знаний системы, конструктору предлагаются технические решения в ходе диалога с вычислительной машиной, что позволяет решать задачи с неполным (неопределенным) набором исходных данных.

ВЫВОДЫ

На основе анализа существующих систем автоматизированного проектирования в машиностроении, их возможностей и решаемых задач выявлены основные тенденции их развития:

- упрощение с точки зрения эксплуатации;
- увеличение функциональных возможностей;
- разделение САПР на высокий, средний и низкий уровни;
- совмещение в одной системе CAD/CAM/CAE/PDM-подсистем;
- управление данными в едином информационном пространстве;
- поддержка технологии управления жизненным циклом изделия;
- интеллектуализация САПР;
- возможность доступа к данным о проекте в любом месте и в любое время посредством мобильных устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Брошюры AVEVA MARINE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aveva.ru>.
- [2] Бубнов, А. САПР в судостроении [Текст] / А. Бубнов // САПР и графика. – М. : Б.М. Молчанов, 2000. – № 5.
- [3] Вашедченко, А. Н. Автоматизированное проектирование судов [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Вашедченко. – Л. : Судостроение, 1985. – 164 с.
- [4] Голованов, В. С. Применение системы Unigraphics для плазменной подготовки производства [Текст] / В. С. Голованов, Н. М. Краснов, М. В. Краснов // CADmaster. – 2002. – № 5. – С. 12–17.
- [5] Кузнецов, А. А. Проектирование корпуса судна и комплекс автоматизации раскроя на платформе Autodesk [Текст] / А. А. Кузнецов, Ю. И. Платонов, А. С. Рябоконт // Информ.-аналит. журн. «Рациональное управление предприятием». – СПб. : ESG, 2012. – № 3. – С. 58–63.
- [6] Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И. П. Норенков. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 216 с.
- [7] Петренко, А. И. Основы построения систем автоматизированного проектирования [Текст] / А. И. Петренко, О. И. Семенов. – К. : Вища шк., 1985. – 294 с.
- [8] NUPAS-CAD/MATIC brochure [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nupas-cadmatic.com>.

© Г. Ю. Андрейчикова, А. Ф. Галь

Надійшла до редколегії 13.02.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК

д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов

Статтю розміщено у Віснику НУК № 1, 2013